

□熊本地震における供給系ライフラインの被害と復旧 ～震災から得られた教訓と残された課題～

岐阜大学工学部社会基盤工学科 能島暢呂

1. はじめに

平成28年(2016年)熊本地震は、4月14日21時26分に発生した前震(M6.5)とその約28時間後の4月16日1時25分に発生した本震(M7.3)で2回の震度7を記録し、熊本県を中心に甚大な被害をもたらした。ライフライン施設も大きな被害を受け、被災地における災害対応、復旧活動、市民生活、地域産業に加えて、全国的な社会経済活動などにも大きな支障を及ぼした。本稿では、供給系ライフライン(電気・水道・都市ガス)を対

象として被害と復旧の概要¹⁾⁻³⁾を報告する。また阪神・淡路大震災および東日本大震災との比較^{1),3)}を通して得られた教訓と残された課題についてまとめる。

2. ライフライン被害・復旧の概要^{1),2)}

2016年熊本地震における電気・水道・都市ガスの停止戸数の解消過程を図1に示し、被害と復旧の概要を以下にまとめる。

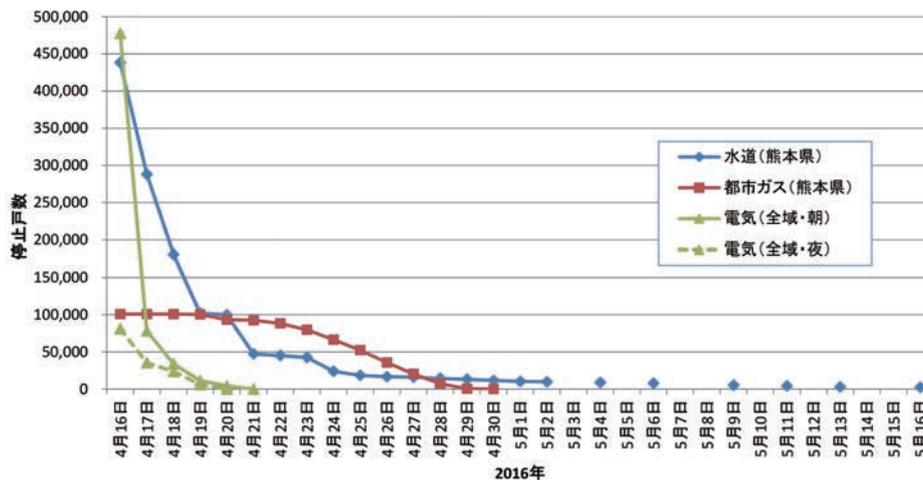


図1 2016年熊本地震における停電・断水・都市ガス停止戸数の解消過程
(本震発生以降に限定。電気については朝・夜データの2系列を表示。)

2.1 停電

九州電力(株)管内において、前震による最大停電戸数は1.7万戸、本震による最大停電戸数は

47.7万戸に及んだ。しかし本震から約6時間半後の4月16日8時には系統復旧により18.1万戸まで減少した。その後の復旧も早く4月17日23時現在

での停電戸数は3.8万戸となった。西原村では4月18日12時、益城町では同日22時に通電が完了したとされているが、家屋倒壊や道路損壊による復旧困難箇所については復旧対象から除外されている。一方、阿蘇地方（阿蘇市、高森町、南阿蘇村）では、大規模な土砂崩れにより66KV送電線の鉄塔が使用不可能となり、復旧が大きくずれ込むことが予想された。このため全国電力会社から高压発電機車が派遣されて応急配電が行われ、4月20日19時10分に停電は解消した。約5kmの仮送電ルート（仮鉄塔3基、仮鉄柱14基）⁴⁾がわずか10日間で構築され、通常の配電への切り替えが完了したのは4月28日21時36分であった。

2.2 断水

厚生労働省まとめによると、一連の地震による最大断水戸数は44.5万戸であり、熊本県で断水戸数が多いのは、熊本市32.7万戸、大津菊陽水道企業団（大津町・菊陽町）3.1万戸、益城町1.1万戸、阿蘇市1.0万戸などである。断水の原因は、配水管破損（熊本市、宇土市ほか）、配水池水位低下（大津菊陽水道企業団）、送水管破損（阿蘇市ほか）、停電と給水管破損（南阿蘇村）、停電（高森町）、水源池の濁水（大津菊陽水道企業団、菊池市ほか多数）など多様である。熊本地域の11市町村では地下水を水源として浄水場を持たないため、濁水の影響は特徴的側面といえる。被害が集中した市町村（益城町、西原村、御船町、南阿蘇村、阿蘇市）では遅れが目立ち、4月29日以降は復旧見通しとして、「短期：1週間程度」、「中長期：2週間程度またはそれ以上、数ヵ月程度を含む」の戸数も公表されている。「家屋等損壊地域」については「地域の復興に合わせて水道も復旧・整備する予定として市町村から報告のあったものであるため復旧見込みの対象に含めない」としている。

2.3 都市ガス停止

西部ガス（株）熊本支社の供給エリアは、熊本

市を中心とする2市4町であり、7つの供給ブロックに分割されている。なお益城町内の被害集中地域はエリア外のためLPガスが供給されている。前震により約千戸が供給停止して一部復旧していたが、その後の本震によって10.1万戸で供給停止した。防災業務計画では、SIセンサーで60カイン以上のSI値を記録すると直ちにガスを供給停止することとされており、この規定に従った措置である。4月20日には作業不可能な2,000件を除いて閉栓作業が完了し、各供給ブロックを2～8個の復旧ブロック（1ブロックあたり需要家3千戸程度）に分割して復旧作業が進められた。当初、復旧完了見込みは5月8日とされていたが、ガス導管の被害が少なく供給再開が順調に進み、4月30日13時40分に復旧作業を完了した。

3. ライフライン被害・復旧の震災間比較

3.1 初期停止戸数³⁾

初期停止戸数について、阪神・淡路大震災および東日本大震災と熊本地震との比較を図2に示す。各震災共通で停電、断水、都市ガス停止の順に初期停止戸数が多い。停電および断水の規模については、東日本大震災、阪神・淡路大震災、熊本地震の順であり、都市ガス停止のみ阪神・淡路大震災が最多である。熊本地震は両大震災の数分の1から20分の1の規模である。図3に示すように、筆者の試算によると震度6弱以上の曝露人口は熊本地震の約110万人に対し、阪神・淡路大震災で約355万人、東日本大震災で約631万人であった。震度6強以上については同順（熊本、兵庫、東北）に約63万人、165万人、170万人である。各ライフラインの普及率を勘案した震度曝露人口と初期停止戸数との関係について検討した結果、停電に関しては震度5強以上、断水に関しては震度6弱以上、都市ガス停止に関しては震度6弱以上ないし6強以上の曝露人口が、それぞれの停止戸数との相関が高い傾向が見られた。

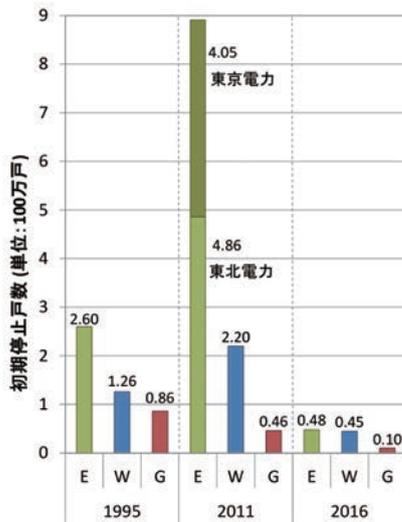


図2 停電(E)・断水(W)・都市ガス停止(G)の初期停止戸数の比較

(阪神・淡路大震災：1995，東日本大震災：2011，熊本地震：2016)

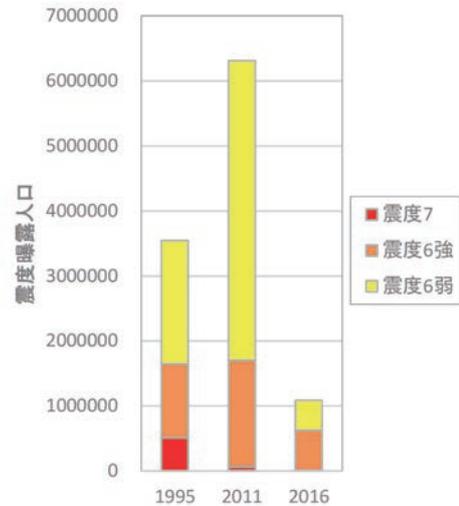


図3 震度曝露人口の比較

3.2 復旧曲線^{1),3)}

復旧曲線（最大停止戸数を100%として復旧進捗を復旧率として表した曲線）の比較を図4に示す。全体的に電気、水道、都市ガスの順に復旧が早いことは各震災で共通している。両大震災と比較して熊本地震では水道と都市ガスの復旧期間が大幅に短縮されている。主要因は震度曝露規模の

違いにあらうが、これまでの震災経験を教訓として各種対策が進められた結果、初期被害が軽減され、かつ復旧支援体制が早期に確立されたことも大きく寄与している。停電復旧については、作業困難地域が対象となる復旧過程の終盤を除くと大きな違いは見られず、復旧の迅速さはほぼ飽和状態に達していると考えられる。

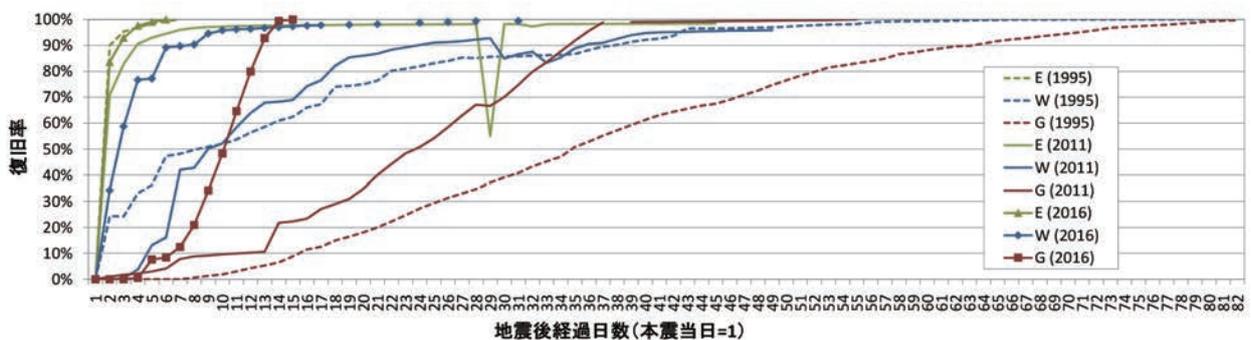


図4 停電(E)・断水(W)・都市ガス停止(G)の復旧曲線の比較

(阪神・淡路大震災：1995，東日本大震災：2011，熊本地震：2016)

4. 教訓と残された課題

災害対策基本法に規定された防災対策の3本

柱（未然防止、拡大防止、早期復旧）の観点から、熊本地震におけるライフライン被害・復旧の教訓と課題をまとめる。

4.1 未然防止

ライフライン施設のストックは膨大であり、地球1周を約4万kmで換算すると、送配電線・水道管・ガス導管の施設延長距離はそれぞれ地球約105周、15周、6周に相当する。施設の全面的な強靱化は不可能であり、ライフライン施設の老朽化、少子高齢化、人口減少が進行する中で、一部では施設の維持管理やシステムとしての持続すら危ぶまれる状況である。しかし施設被害の未然防止策は、初期被害と事後の対応必要量を軽減するための根本的な解決策であり、強靱化や長寿命化によってシステム全体の質的向上を図ることが今後の課題である。

水道の基幹管路（導水・送水・配水本管）を例にとると、耐震化適合率（耐震適合性のある基幹管路の延長／基幹管路の総延長）の現状は2016年3月末現在37.2%である⁵⁾。熊本地震の被災市町村の基幹管路耐震化適合率と復旧率（4月23日時点）との間に高い相関性が見られる⁶⁾。70%を超える熊本市と阿蘇市では復旧が迅速で、30%程度の御船町では中程度、10%を下回る益城町では復旧が遅くなっており、市町村間で震度曝露規模が違ふにせよ、耐震化促進の有効性を示している。

ガス導管については、低圧本支管でポリエチレン管が普及したことから、耐震化率の全国平均値は1995年の64%（筆者推定）から2014年の86%まで向上した⁷⁾。西部ガス熊本支社でも86%であり、耐震化率の高い復旧ブロックほど被害率は小さい傾向が見られた。被害率が全体で0.6箇所/百kmと低かった⁷⁾ことは、復旧再開の早期化につながったと評価される。一方、亀裂・折損等の被害は、ねじ接合の亜鉛メッキ鋼管に集中しており、こうした脆弱管の更新が重要課題である。

また、例えば送電設備が被災した阿蘇山の外輪山周辺などのように、広域ネットワークでは立地条件が悪い場所への敷設が不可避である場合も多い⁴⁾。将来の繰り返す災害に備えて、ルート選定には十分な検討が必要である。

4.2 拡大防止

国土技術政策総合研究所・建築研究所の調査⁸⁾によると、地震に関連する出火件数は16件（前震直後2件、その後3件、本震直後6件、その後5件）であり、阪神・淡路大震災の293件や東日本大震災の330件と比較して絶対数は少ない。ただし世帯あたり出火確率は両大震災の中間程度で低いわけではなく、強い揺れの曝露規模の違いが出火件数の少なさの主要因と判断されている⁸⁾。また出火原因が判明した13件のうち電気関連が8件（屋内配線5件、電気設備2件、観賞魚用ヒーター1件）を占める⁸⁾。通電にあたっては広報車による広報活動や倒壊家屋への引き込み線の切断などの安全対策がとられたが、出火件数の少なくとも半数に電気が関与したことは事実であり、将来の課題となろう。一方、都市ガス関連の出火はなく、ポリエチレン管の採用によるガス導管被害防止策や、マイコンメータによる戸別遮断、ブロック供給遮断などの緊急対応策が有効であったといえる。また交通混雑や消火栓の使用不能があったものの、消防車の到着遅れや断水によって消火活動が阻害された事例は報告されていない。過去の大震災ではこうした事例が多発しており、出火件数の抑制や初期消火率の向上が重要である。

厚生労働省の調査によると、熊本周辺の主要な医療機関131施設中、約3分の1にあたる43箇所ライフラインの供給に問題があったと報告されている。都市ガスについては、中圧導管から直接供給する病院・医療センター計8施設（4月16日に2施設、4月17日に6施設）に優先復旧が行われ、その後も4月20日までに計43施設が優先供給を受けた。災害時の最重要施設として、医療機関におけるライフライン途絶対策と優先供給の強化を図る必要がある。

4.3 早期復旧

熊本市では、試験通水中（着手および一部着手も含む。配水池から水が出ている状態で水道管破

損があれば断水している可能性がある)の戸数を断水戸数に含めていないため、「通水」は必ずしも各戸の「断水解消」を意味しない^{1),2)}。したがって通水後も漏水や水が使えない場合があり、水压保持のために計画断水も行われていた。市民側のライフライン途絶対策促進のためにも、できるだけ正確な状況把握と復旧情報の提供が望まれる。

ライフライン事業者の相互応援体制が機能復旧の早期化に寄与したことについて、数値を挙げて示す³⁾。阿蘇地方の停電対応のために、全国電力会社が保有する380台の高圧発電機車のうち、162台(43%)が現地に派遣された。東日本大震災では220台、阪神・淡路大震災では60台であった。また配電部門における復旧要員数はピーク時に3,608人で、東日本の9,524人や阪神・淡路の4,701人に及ばないものの相当多数である。都市ガスの復旧要員数についてはピーク時に4,641人にのぼり⁹⁾、東日本の約4,600人とほぼ同数、阪神・淡路の約9,700人の約半数である。図4の復旧過程に見られるレジリエンスは、復旧資源の集中投下に支えられていたといえる。一方、将来の発生が危惧される広域大規模災害では、こうした復旧資源の絶対的な不足や競合が大きな懸念材料となる。内閣府による南海トラフ巨大地震の想定震度分布(基本ケース)では震度6弱以上が約2,100万人、震度6強以上が650万人にも及ぶ。早期復旧のためには、組織対応の強化に加えて、前述のように復旧必要量の軽減を図る抜本的対策の強化が必須である。

5. おわりに

本稿の執筆にあたって、各省庁、地方自治体、ライフライン事業者、協会組織等による多数の記録資料やウェブサイトを参考にさせていただいた。紙幅制約によりすべての引用ができないため、下

記に記載したもの以外については、筆者らによる既報¹⁾⁻³⁾の参考文献を参照されたい。末筆ながらここに記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 能島暢呂：平成28年(2016年)熊本地震におけるライフライン復旧概況(時系列編)(Ver.2.1), 岐阜大学, http://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/take_out_LLEQreport.htm
- 2) Nojima, N. and Maruyama, Y.: An Overview of Functional Damage and Restoration Processes of Utility Lifelines in the 2016 Kumamoto Earthquake, Japan, *JSCE Journal of Disaster Fact Sheets*, FS2016-L-0004, 12p., 2016.
http://committees.jsce.or.jp/disaster/system/files/FS2016-L-0004_2.pdf
- 3) Nojima, N. and Maruyama, Y.: Comparison of Functional Damage and Restoration Processes of Utility Lifelines in the 2016 Kumamoto Earthquake, Japan with Two Great Earthquake Disasters in 1995 and 2011, *JSCE Journal of Disaster Fact Sheets*, FS2016-L-0005, 9p., 2016.
<http://committees.jsce.or.jp/disaster/system/files/FS2016-L-0005.pdf>
- 4) 経済産業省産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会：第9回電気設備自然災害等対策WG資料2九州電力株式会社「電気設備被害の状況分析と地震対応の評価について」, 2016.7.
- 5) 厚生労働省：水道施設の耐震化の推進, <http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/taishin/>
- 6) 厚生労働省厚生科学審議会生活環境水道部会：水道事業の維持・向上に関する専門委員会, 第2回資料1-1平成28年熊本地震における主な対応(水道関係), 2016.5.
- 7) 西部ガス(株)・(一社)日本ガス協会：平成28年熊本地震における都市ガス供給設備の被害概要について, 2016.6.
- 8) 国土交通省国土技術政策総合研究所・(国研)建築研究所：平成28年(2016年)熊本地震建築物被害調査報告(速報), 国総研資料第929号, 2016.9.
- 9) (一社)日本ガス協会：平成28年熊本地震における都市ガス事業者の初動・復旧対応状況, 2016.5.